Tampak sky light pada atap pada gedung Listrik dan Energi baru.

MUSEUM LISTRIK DAN ENERGI BARU

Analogi Struktur Atom Di Bagian Timur TMII

Pembangunan museum ke - 15, diatas areal 2,5 ha di Taman Mini Indonesia Indah Jakarta ini, cukup unik. Karena selain kondisi site yang berbukit dan lebih rendah dari jalan akses, juga banyak aturan-aturan lain yang diberlakukan dalam kawasan ini. Walaupun demikian, museum ini mendapat pujian dari Hartono Arismunandar - mantan Dirjen Listrik dan Energi, merupakan museum terbagus di Asia, dari segi penampilan peragaan, penataan letak dan sebagainya.

Museum yang diresmikan belum lama berselang oleh Presiden Soeharto ini, menurut H Djoko Soeprapto - wakil Bidang Pekerjaan Lapangan, menelan biaya sekitar Rp 15 milyar. Pendanaannya didapat dari swadana masyarakat energi dan masyarakat listrik (misalnya Departemen Pertambangan dan Energi-Red). Museum ini terdiri dari bangunan penerima, gedung Listrik, gedung energi baru dan bangunan penghubung atau pelengkap.

Luas bangunan penerima yang terdiri atas tempat penerima tamu, pengambilan karcis masuk, penitipan barang, ruang instruksi, kios cinderamata, kafetaria, plaza dan gerbang Utama adalah 540 m². Sedangkan bangunan penghubung dan pelengkap lainnya yang menghubungkan bangunan penerima ke gedung Listrik dan ke gedung Energi baru dengan selasar mempunyai luas 350 m².

Bangunan Utama (gedung Listrik), terdiri dari 3 lantai dengan luas 3.220 m². Lantai 2 dan 3 diperuntukkan sebagai arena peraga (benda-benda) ilmu-ilmu dasar bidang energi dan tenaga listrik, pengetahuan dan teknologi ketenaga listrikan serta sejarah pengusahaan, pengembangan dan kebijaksanaan tenaga listrik. Sedangkan lantai 1 untuk peragaan puncak reaktor nuklir, perkantoran dan perpustakaan.

Bangunan Energi Baru, terdiri 3 lantai dengan luas 1.965 m². Bangunan ini, pada lantai 2 dan 3 digunakan untuk peragaan aplikasi, potensi, keekonomian produksi energi baru. Sedangkan lantai 1 untuk peragaan puncak pendulum dan perkantoran.

Menurut Djoko Soeprapto, peragaan disini 30 persen merupakan peragaan yang interaktif. "Karena, pada museum ini jelas dituntut adanya artepak-artepak mengenai kelistrikan. Misalnya, mengenai trafo yang pertama atau yang terbesar, disitu disebutkan apa sebabnya meledak," tuturnya. Disini tidak menutup kemungkinan dilakukan penelitian baru, yang masih berhubungan dengan artefak kelistrikan dan energi.

Gagasan pendirian Museum Listrik dan Energi Baru dicetuskan oleh Menteri Pertambangan dan Energi Republik Indonesia, pada ulang tahun Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) ke 30 tahun 1990. Dengan tujuan memasyarakatkan ilmu pengetahuan dan teknologi energi. Juga membangkitkan kesadaran masyarakat terhadap peranan energi dalam kehidupan masyarakat moderen dan pembangunan nasional serta menanamkan rasa ingin tahu dan kemauan masyarakat untuk berperan serta dalam pengembangan energi nasional.

Berbentuk seperti Struktur Atom

Museum Listrik dan Energi Baru yang terdiri dari 3 massa, hadir dengan bentuk struktur atom, lengkap dengan inti dan elektronnya.

Menurut Ir. Guritno Priyo Hutomo - Direktur Eksekutif PT Citra Consulindo Utama, Museum Listrik dan Energi Baru merupakan bagian dari rencana keseluruhan suatu museum energi. Sebelumnya, berdiri Museum Migas. Sedangkan yang akan dibangun adalah gedung Energi Konvensionil dan Energi Fosil. "Itu semua sebenarnya jadi satu kesatuan," katanya.

Konsep bangunan museum, merupakan perwujudan dari struktur atom ini, katanya, menempatkan Gedung Listrik sebagai inti. Dengan anggapan, listrik adalah yang paling banyak dipakai (dominan) dalam kebutuhan kehidupan. "Jadi, Gedung Listrik dikelilingi oleh gedung Energi Baru yang mempunyai skala lebih kecil dari Gedung Listrik itu," papar Guritno. Gedung Energi Fosil dan Energi Konvensionil akan dibangun tahap berikutnya, juga merupakan elektronnya.

Disamping itu, perencanaan museum ini, juga mempertimbangkan kondisi sitenya yang terjal dari jalan, kira-kira sedalam 6 m. Perencanaan ini berusaha mempertimbangkan kondisi aseli tapak. Oleh karena itu, jelasnya, dari Bangunan Penerima dibuat jalan menurun sesuai dengan site, namun entrance diangkat di lantai ke-2. "Ini supaya, untuk menetralisasi kerendahan site ini terhadap jalan. Sehingga, entrance Gedung Listrik masih kelihatan dari jalan," jelasnya. Jadi, lantai 1 berada dibawah lantai entrance. Lantai 1 diperuntukan sebagai kantor, sementara lantai 2 dan 3 untuk eksibisi.

Untuk itu pula, maka atap yang dipakai pada Gedung Listrik dan Gedung Energi Baru berbentuk 1/2 bola. "Kita memilih bentuk itu karena memberi kesan utuh dan lebih tinggi, mengingat kondisi tapak yang agak rendah dari jalan. Juga,



Ir. Guritno



Ir. Nur Handono

"Kita, memang terbatas dalam waktu. Jadi, diperlukan banyak pertimbangan," papar Guritno. "Kita mulai melakukan perencanaan pada Oktober 1993. Untuk diresmikan sampai April 1995, kita cuma punya waktu sekitar 16 - 17 bulan, itu termasuk desain. Biasanya untuk desain lengkap diperlukan, 5-6 bulan. Jadi, kalau kita desain cara konvensional, kita hanya punya waktu 10 bulan untuk pelaksanaannya. Itu terlalu riskan. Maka, kemudian dipakai sistem *fast track* dari mulai desain sampai pelaksanaan," ceritanya.

"Jadi intinya, kita bagi-bagi dalam paket-paket pekerjaan. Pertama dari perencanaan setelah ada komunikasi dari pihak owner, kita bikin semacam *prelimenary design* yang benar-benar matang. Untuk itu diperlukan waktu 1-2 bulan. Setelah desain secara global disetujui bersama, lalu kita bagi dalam paket-paket pekerjaan, pertama paket struktur dimana dibagi menjadi struktur atas dan bawah," kata Guritno.

Setelah desain struktur pondasi selesai, di lapangan langsung dikerjakan, sementara desain struktur atasnya masih jalan. "Nah, pada waktu struktur pelaksanaannya sedang jalan, kita mengerjakan desain arsitektur detailnya dan mekanikal elektrikal," jelas Guritno. Jadi pelaksanaan tidak terhenti, katanya, dan waktu desain bisa dipersingkat karena ada alternatif.

"Ini tentunya ada koordinasi yang cukup rumit antara pelaksanaan dengan perencanaan; antara satu disiplin dengan disiplin lainnya. Hal ini tentunya, perlu dilibatkan manajemen konstruksi untuk mengurangi kesalahan-kesalahan," tandas Guritno.

Untuk itu, kata Handoko, dilakukan dengan mengadakan koordinasi di lapangan, rapat koordinasi lapangan dilakukan seminggu sekali. Sedangkan dengan owner dilakukan sebulan sekali. Tapi, apabila dipandang perlu, dilakukan 2 minggu sekali.

Memperhatikan kelestarian burung langka

Dalam pelaksanaan pekerjaan Museum Listrik dan Energi, PT Pembangunan Perumahan (PP), mulai melakukan tahap pekerjaan dari pondasi, pada akhir tahun 1993. Ir. Hendriardi - Kepala Urusan Teknik, PP, mewakili manajer lapangan dan Ir. Sasmita Efendi MBA, memaparkan, rencana awal desain yang diminta adalah pondasi bored pile. Dengan tujuan, agar tingkat kebisingan rendah tidak mengganggu kehidupan burung langka, yang ada dalam taman burung yang berjarak 500 m dari proyek.

Namun, setelah dilakukan analisa dan evaluasi, ternyata pemakaian pondasi bored pile kurang menguntungkan. Sebab, lokasi dekat dengan rawa, dimana lumpur menggenangi areal proyek, sehingga kesulitan dalam menempatkan perletakan alat-alat berat. "Kita bisa paksakan, tapi biaya akan membengkak dan progres proyek makin terlambat, ditambah lagi dengan hujan. Sehingga akan mempengaruhi jadual akhir untuk pekerjaan lansekap. Padahal, peresmian museum ini tidak bisa diundur lagi," paparnya. Akhirnya, berdasarkan pertimbangan tersebut, pihak kontraktor, mengusulkan alternatif lain yang lebih baik dengan memakai pondasi franki pile yang pelaksanaannya lebih cepat dan lebih ekonomis.

Tapi, kekhawatiran terhadap kesehatan burung langka yang merupakan peraturan yang dipegang teguh oleh pengelola Taman Mini, menjadi kendala non teknis yang tidak ringan. Setelah dilakukan berbagai studi mengenai kepekaan burung terhadap suara, dan dilakukan beberapa survey dengan pihak Taman Burung dan pihak Tata Lingkungan Taman Mini, maka ditemukan kata sepakat, terutama dalam metode pelaksanaan pondasi.

"Selama masa pelaksanaan dan sampai selesai, terus dilakukan evaluasi terhadap kesehatan burung, ternyata tidak terjadi apa-apa," tutur Hendriardi. Menurut Ir. Nur Handono, perencana M&E PT Citra Consulindo Utama, kebisingan yang terjadi selama pelaksanaan itu sebesar 50 deci Bell. "Ada untungnya, lokasi dengan kondisi berada dibawah, sehingga kebisingan teredam oleh tebing," Kata Handoko-MK.

Menurut Handoko, pondasi menggunakan 128 tiang franki diameter 50 cm dengan kedalaman 9,5 m, pada gedung listrik dan 8,5 m pada gedung Energi Baru. Untuk bangunan Penerima dan selasar penghubung, menggunakan 94 mini franki. Beban rencana 140 ton pada gedung Listrik dan 130 ton pada gedung Energi Baru.

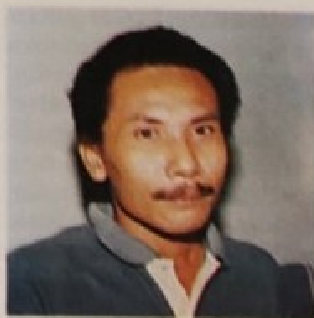
Atap bulat yang unik

"Struktur space frame pada atap, merupakan hal yang unik. Yaitu bentuknya yang unik seperti teropong bintang, karena setengah bola, dan tengahnya terdapat sky light," kata Hendriardi. Space framenya double layer, untuk gedung Listrik dengan jari-jari luar 14 m dan jari-jari dalam 12 m. Sedangkan untuk gedung Energi Baru, atapnya (yang berbentuk space frame juga) mempunyai jari-jari luar 10,25 m dan jari-



(dok. PP)

Atap space frame doble layer pada gedung Listrik



Ir. Handoko Ningrat



H Djoko Soeprapto



Ir. Hendriardi

dimaksudkan agar penampilannya lebih formal tapi masih kelihatan plastis," kata Guritno.

Selain bentuk massa dan konfigurasinya, dipertimbangkan pula konsep dari pada flow pengunjung museum itu sendiri. Aliran pengunjung diputuskan berbentuk bebas terarah. Sejak dari bangunan penerima, lalu melalui selasar ke arah entrance, aliran pengunjung dibikin terbuka sesuai panggung, supaya pengunjung itu bebas memilih arah jalan. "Karena nantinya, untuk menikmati beberapa museum dalam sehari tidak akan cukup. Jadi, mereka bisa bebas mau kemana, tergantung kepentingan. Mau ke Energi Baru, misalnya dia bisa langsung," papar Guritno.

Dipilih bentuk bangunan yang bulat, jelas Guritno, karena pertama, dari konsep flow pengunjungnya sendiri. "Ini yang paling tepat menurut kita, pengunjung itu akan berjalan melingkar. Nah, ditengahnya diletakkan peragaan puncak," katanya. Selain itu, bentuk bulat ini untuk menyesuaikan secara keseluruhan museum energi. Di sebelah areal ini, terdapat museum Migas yang juga berbentuk bulat. "Jadi, dipertimbangkan juga harmonisasinya," tambah Guritno. Konsultan Perencana, memang mempertimbangkan terhadap desain komplek museum energi secara keseluruhan. Jadi, disini masih dipikirkan harmonisasi, baik dengan gedung Listrik dan Energi Baru, maupun dengan bangunan yang lama, Museum Migas.

Efektivitas yang bisa diambil dari bentuk bulat ini adalah untuk penerangan. Untuk penerangan umum, dibikin *sky light* pada atap dengan memakai bahan polycarbonat. Hal itu dimaksudkan untuk memberikan kesan hemat energi.

Bangunan penerima, yang berbentuk kotak, menurut Guritno, berfungsi sebagai pengantar. "Setelah pengunjung masuk kebangunan penerima, membeli tiket dan lain-lain, pengunjung akan masuk ke semacam ruang intruksi untuk memberikan gambaran secara umum apa yang akan dijumpai di museum ini. Jadi, sebetulnya disini pengunjung diarahkan akan menemui apa-apa saja," paparnya. Selain itu, di bangunan penerima ada kantin dan dibawahnya ada ruang gudang untuk perawatan.

Bangun penghubung, kata Guritno, merupakan peralihan ke bangunan induk. Disinipun sebetulnya orang sudah melihat benda-benda peraga terutama yang di luar. Jadi, bangunan penghubung dari bangunan penerima fungsinya bukan hanya sebagai selasar, tapi sebagai tempat untuk eksibisi juga.

Kerja team yang kompak

Pelaksanaan pembangunan museum ini, dibagi dalam beberapa paket pekerjaan. Menurut Ir. Handoko Ningrat, Manajer Konstruksi - PT Griya Cipta Sarana, paket pekerjaan proyek terdiri dari arsitektur dan mekanikal-elektrikal, paket struktur, paket interior, paket lansekap dan paket alat peraga. Untuk itu, diperlukan pengawasan yang baik, terhadap mutu, biaya dan waktu.

Dalam hal pengendalian mutu, kata Handoko, berpegang pada Rencana Kerja dan Syarat (RKS) yang ada. Sedangkan, pengendalian biaya dilakukan dengan menghindarkan terjadi pekerjaan tambah kurang.

Tantangan yang dihadapi disini adalah cuaca. Tapi, pada prinsipnya ini tidak menyebabkan mundur dari skejul. Untuk mengantisipasi cuaca itu, kata Handoko, dikejar dengan menukar waktu. Misalkan hari ini hujan, maka diadakan lembur untuk mengejar keterlambatan.

"Kondisi sulit terjadi pada saat pemancangan tiang Franki, mengingat kondisi sitenya rendah dari jalan dan hujan lebat. Kejadian seperti truk terguling karena jalan akses yang sulit, menimbulkan sedikit keterlambatan. Untuk itu dilakukan perbaikan jalannya. Sehingga pelaksanaan proyek dapat diselesaikan lebih awal 2 hari," tandasnya.

Kendala lain adalah adalah lokasi, karena letaknya di bawah, terutama pada gedung Energi Baru, yang pengerjaannya dekat dengan danau. "Elevasi muka air danau dengan tanahnya sebesar 5 cm. Jadi waktu pelaksanaan pondasi itu sedikit mengalami gangguan, tetapi secara keseluruhan tidak berpengaruh terhadap skejul. Karena, pekerjaan *upper strukturnya* dipercepat," tutur Manajer Konstruksi bersemangat. Pengecoran setiap lantai dilakukan 7 hari sekali.

Konstruksi beton konvensional pada gedung Listrik



(dok PP)

jari dalam 8,75 m. Batang space framenya berdiameter 2,5 - 3 inchi.

Penutup atapnya terbuat dari Glass Reinforce Cement (GRC), tebal 1 cm, untuk sky lightnya menggunakan polycarbonat tebal 0,6 mm dan lebar 1,4 m. "Kita menetapkan polycarbonat, selain dari kekuatannya, juga estetika. Karena warnanya lebih variatif, sehingga banyak pilihan. Kemudian kita pilih GRC dengan rangka ruang, agar lebih cepat dalam pelaksanaan daripada menggunakan ferro semen yang dicor. Sehingga, pada waktu struktur sudah berdiri, dia tinggal rakit saja dibawah, tinggal dirangkai saja," papar Guritno.

Secara fisik, museum ini menggunakan beton bertulang biasa dengan mutu K-300. Menggunakan balok rata-rata ukuran 40/80 bentang 8 m dan kolomnya bervariasi 45-65 cm tinggi 4 m. Dindingnya menggunakan bata, dengan finishing luar dari stone fish dari Taiwan. Menurut Hendriardi, tekstur material stone fish menyerupai granit, disemprot setebal kira-kira 2,3 mm dan mudah dalam pelaksanaan serta perawatan. Sedangkan bagian dalamnya memakai cat biasa.

Material adukan beton yang dihabiskan dalam proyek ini menurut Hendriardi, sebesar 200 m^3 untuk gedung Listrik dan 175 m^3 untuk gedung Energi Baru. Volume finishing total termasuk bangunan Penerima dan Penghubung terdiri dari keramik : 2315 m2, marmer : 3000 m2, stone fish : 3150 m2. Untuk cut and fill pada pekerjaan tanah, menurut Handoko-MK, harus impas, karena tidak boleh mendatangkan dan mengeluarkan tanah dari areal TMII.

Lift panoramik

Mengenai mekanikal eletrikalnya ada sedikit hal yang unik, terutama pada lift yang merupakan lift panoramik. Menurut Nur Handono, pada prinsipnya lift tidak digunakan untuk alat transportasi utama, tapi hanya untuk melihat alat peraga potongan reaktor nuklir, peragaan puncak pada gedung Listrik. Dipakai sistem hidrolik untuk menghindari ruang mesin diatasnya. Kecepatan lift (lebih rendah dari lift penumpang) 30-45 mpm, jumlah stop 3 lantai dan kapasitas 15 orang - 1000 kg.

Sistem ME lainnya adalah sistem listrik, penangkal petir, instalasi telpon, fire alarm, fire fitting, tata suara, tata udara, plambing pemadam kebakaran.

Sumber daya listrik dominan dari PLN, dari kapasitas trafo sekitar 1000 kVa, tegangan primer 20 kV, tegangan sekunder 380- 220 volt tiga fase, dyne 5, frekuensi 50 hz. Sedangkan sumber air, didapat dari sumur artesis.

Untuk penerangan umum, kata Nur Handono, direncanakan sebesar 65 lux cahaya. "Perhitungan untuk ruang pamer itu cukup terang, karena dibantu dengan sinar matahari," paparnya. Ditambahkan oleh Guritno, penerangan disini yang dituntut tidak terang sekali. Karena, yang dilihat oleh pengunjung itu adalah benda-benda peraga, dimana ada penerangan khusus ke benda-benda peraga ini.

"Sebenarnya ada dua pesan yang harus disampaikan kepada masyarakat, pertama : sejarah perlistrikan yang dinamakan artepak, yang lain menyampaikan perkembangan listrik dimasa akan datang," kata Guritno. □ M. Ridwan

Nama Proyek : **Museum Listrik dan Energi Baru**
Pemilik Proyek : **Yayasan Harapan Kita BP3 TMII**
Kosultan Perencana :
PT Citra Konsulindo Utama (Arsitektur)
PT Citra Konsulindo Utama berkerja sama dengan **PT Davy Sukamta** (Struktur)
PT Griya Cipta Sarana (Manajemen Konstruksi)
PT Pembangunan Perumahan (PP) (Kontrkator Pelaksana)
Lapi ITB (Kontraktor alat peraga)

SEGMEN TEROWONGAN MENJADI TITIK KRITIS

Diawali dengan kehilangan waktu 6 bulan karena ditemukannya rembesan gas metana dan minyak yang mengambang di atas air tanah, akhirnya kontraktor terowongan tidak hanya berhasil mengembalikan proyek Dallas Area Rapid Transit pada skejul, tetapi juga mengklaim beberapa rekor dunia untuk mesin pembor terowongannya. Terowongan sepanjang 3,2 mil ini menjadi jalur kritis bagi proyek *light rail* sepanjang 20 mil di Dallas.

Masalah dimulai pada 1992, ketika pekerja baru saja membor sekitar 300 ft terowongan pertama di sebelah Selatan. Tunnel Boring Machine (TBM) mengenai sepasang retakan terbuka yang terkontaminasi oleh minyak yang mengambang di permukaan air tanah. Mengatasi masalah tersebut, kontraktor terowongan yakni S.A. Healy Co., McCook, mencoba menggali shaft penyelidikan berdiameter 8 ft sedalam 20 ft di bagian depan TBM. Namun hal itu tidak menyelesaikan masalah. Karena itu, mulai dari portal, pekerja menggunakan *explosion-proof roadheader* untuk mengekskavasi terowongan paralel berukuran 12 x 12 ft.

Menurut manajer lapangan dari Stone and Weber Engineering Corp., Raymond Henn, kedua retakan yang memiliki lebar 8 inci dan tinggi 22 inci tersebut, akhirnya

Cut and cover tunnel dengan dinding pembagi di tengah yang menghubungkan pada bored tunnel. Tekanan dari luapan tanah menuntut adanya dinding penahan yang kuat.

